

産官学連携による自転車型人力発電機の開発と

川崎国際環境技術展 2011 への出展

— 自然エネルギーと人力エネルギーの統合と持続可能な社会を目指して —

綿貫理明^σ、石坂得一^κ、嶋 俊夫^τ、木村康廣^τ

^σ 専修大学情報科学研究所、専修大学ネットワーク情報学部

^κ 専修大学管理課、^τ 太陽電音株式会社

1. はじめに

2011年3月11日午後14時46分、東北地方太平洋沖大地震が発生した。マグニチュード9.0、太平洋プレートと北米プレートの境界で、南北500km、東西200kmの範囲で複数の地震が誘発された。津波により東北地方・北関東の太平洋沿岸地方の町が壊滅状態に陥り、1万を超える人命が失われ、数十万にのぼる被災者を出した。それにとどまらず、福島原子炉が崩壊し、近隣に放射性物質を排出し放射能災害も引き起こした。また電力供給の低下により、関東地方の交通や業務、日常生活に大きな混乱をもたらした。この東日本大震災により、凶らずも日本のエネルギー政策の脆弱性を露呈することになった。

節電のため計画停電が実施され、職場や家庭では冷暖房や昇降機の使用抑制、交通機関の一部運行停止、流通への影響により日用品や食品の供給不足などが起き、庶民の日常生活に大きな影響を与えた。考えてみれば、電力自給率4%と極端に低い日本において、いまだ電力を湯水のごとく使い放題してきたことはあまりにも不自然な状況であった。震災と放射能汚染という甚大な犠牲を払ったが、国のエネルギー政策や日常生活における電力消費の本来あるべき姿を冷静に考える良い機会を与えてくれた。

近年、無駄に捨てられていたエネルギーを回収する電力回生や環境からエネルギーを抽出するエネルギー・ハーベスティングなどの技術が実用化されつつある。また社会の趨勢として、太陽光発電、風力発電などの再生可能エネルギーを取り入れ、電力需給を最適化するエネルギー管理システムの構築が推進されている。アメリカではオバマ大統領のスマートグリッド計画、また中東の産油国では、将来必ずやってくる石油の枯渇の危機感を持ち、化石燃料に頼らないマスダールシティの建設が進められている。IBMはスマータープラネットという理念を掲げ、情報技術により地球を監視して賢く管理しようというプロジェクトを立ち上げている。日本でもスマートコミュニティ、スマートビルディング、スマートハウスなどの建設が進められている。これらは、情報技術により地域、建物、家屋など全体を賢く管理するスマート化の事例である。BEMS (Building and Energy Management System) や HEMS (Home Energy Management System) などビルや家屋のエネルギー管理で特化した名称もある。情報通信技術の大きな応用分野は今後、エネルギーの最適化に向かうであろう。

専修大学では120年記念館に中央監視室を設置し、第1種電気事業主任技術者の管理のもと、長年にわたり全施設の電力消費量を詳細にモニタリングして、節電に努めてきた。その努力と効果は社会でも高く評価され、経済産業省や関東経済局から表彰を受けている。省エネも継続する必要があるが、太陽光発電、風力発電などと併せて、今後取り組むべき力向は“創エネ”

である。

電力自給率が極端に低いにもかかわらず電力を湯水のごとく消費する不自然な状況から、第1筆者はやがて顕れるであろう電力逼迫の事態を予見し、2008年より人力発電の活用を考えてきた[6]。2010年度は情報科学研究科所属し、「精神世界、物理的現実世界、サイバー世界の融合としてのユビキタス社会—情報技術史における環境問題の位置づけ—」というテーマのもとにエネルギーの情報化の研究に専念した。財団法人川崎市産業振興財団のコーディネーションのもと、太陽電音株式会社、有限会社伊藤工業と2010年度産官学連携プロジェクトを立ち上げ、自転車型人力発電機を開発した。太陽電音株式製の880W高出力の風力用発電機を使用することにより、人力によっても瞬間的に500Wにのぼる電力を発電できることがわかった。人力発電機の開発とならび、測定、蓄電、表示の成果を川崎国際環境技術展2011に出展したので本稿において報告する。

2. 世界の構造

現代の我々の生活する環境は、次の3つの世界から構成されていると考えられる(図1)[4]。

- ① 精神世界
- ② 物理的現実世界
- ③ サイバー世界

これらの世界はお互いに重なり合っており、人間は3つの世界と関わって毎日の生活を営んでいる。図中①の精神世界は直接見たり、触ることのできない世界である。各自が内面に秘めているものを、言葉や絵によって表現することができる。②の物理的世界は、見て触ることができる、即ち五感によって認識できる世界である。情報機器のハードウェアは物理的世界に存在

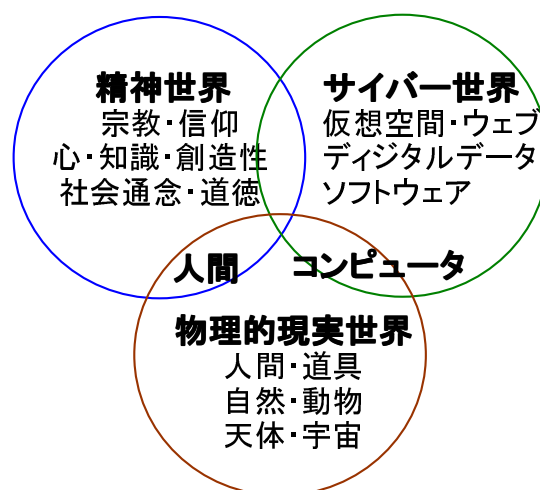


図1 世界の構造

するが、デジタルデータやソフトウェアは③のサイバー世界を構成する。サイバー世界はコンピュータとネットワークの中にデジタルデータによって作られる世界である。情報技術の進歩により、3次元動画技術を使って現実世界をコンピュータの中に映したような仮想世界を構成することも可能になった。これは出力・表示装置によって人間に認識できるようになる。

古代においては、精神世界が現実の物理的世界に大きな影響を与えたと考えられ、神に収穫の感謝の儀式を捧げ、雨乞いを行い、また神の怒りを鎮めるために生贄を捧げたりもした。20世紀の中葉以降は、科学に対する信仰が強まり、宗教などの精神世界への信仰は相対的に弱まった。従来は精神世界と物理的現実世界の中で人間は生活していると考えられてきたが、20世紀の後半以降、サイバー世界が急速に台頭してきた。現代では情報通信技術が日常生活へ与える影響が強まりつつある。学習や業務、趣味、情報収集や情報交換、ビジネスなどでは生活に不可欠な道具となりつつある。またクラウド化に伴い、ソフトウェア、データやコンテンツなどがインターネットの“あちら側”即ちサーブ側に移行しつつある。

情報通信技術の進歩によって、近い将来3つの世界を統合するユビキタス (Ubiquitous) 社会が到来するといわれている。ユビキタス (Ubiquitous) とは元来、神の力の遍在を意味するキリスト教の神学用語であった。1989年にゼロックスパロ・アルト研究所のマーク・ワイザによって提唱された新しい考え方で、互いにネットワーク接続された超小型のコンピュータが身の回りどこでも埋め込まれ、我々の生活を便利に支えてくれるという、情報通信技術 (ICT) の遍在を意味する。情報通信技術により、時空間の制約から解放されるため、日本語では「時空自在」とも訳される。世界の構造の観点から言えば、ユビキタスとは、情報通信技術によって三つの世界が融合することを意味する。

情報通信技術が日常生活の中に、見えない形で浸透すると、それらの機器やICチップなどのようにして電力を供給するかが大きな問題となる。光、電波、音、熱などの波動・振動はエネルギーであり、環境からエネルギーを“収穫”するエネルギー・ハーベスティング (Energy Harvesting) と呼ばれる技術が注目を浴びつつある。

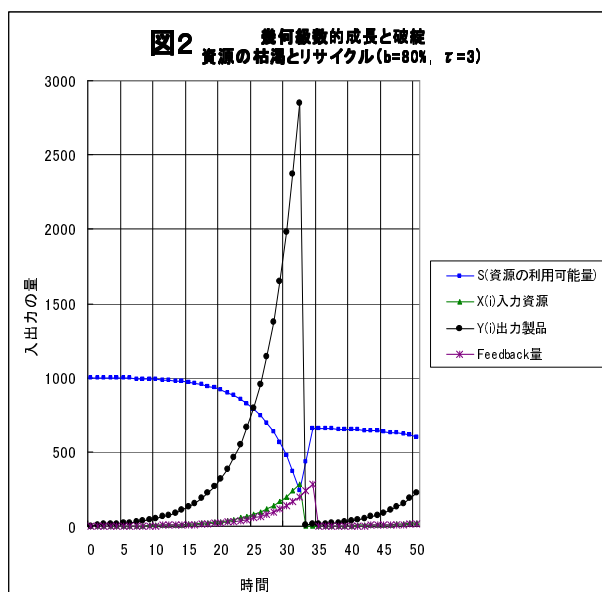
3. 幾何級数的な成長と破綻

現在、世界各地で起きている紛争も、人口増加による食糧不足も、エネルギーや資源の争奪、温暖化などの環境問題も、経済危機も、これらは個別の問題ではなく、互いに複雑に絡み合った問題である。40年前オリエッティ社副社長のアウレリオ・ペッチェイ氏は、次の世代のために社会を少しでも住みやすいものにしたいと発願してローマ・クラブを結成した。このプロジェクトは米国のマサチューセッツ工科大学の研究チームに委嘱され、1972年に出版された『成長の限界』[1]には、ローマ・クラブ「人類の危機」レポートという副題が付けられている。システムダイナミックスの手法により世界モデルを計算し、当時の状況のまま、人類が経済活動を続けると、地球上の有限な資源は枯渇し、「幾何級数的な」成長は限界に達し、大気中のCO₂や環境汚染も加わり、21世紀のある時点で急激に人口は減少するであろうと警鐘を鳴らした。この書の警告は、40年近く経たが、予測通り益々深刻な状況を呈している。人口や工業生産、CO₂濃度は、幾何級数的に増加してゆく。幾何級数的な増加とは、環境に対し複利計算で借金をして、そのツケを子孫に残すようなものである。この研究チームはその後、1992年、2005

年とシミュレーションモデルを改定し同様の報告を行っている。この研究チームでは“成長”は量的なもので、“発展”は質的なものとして区別している。

第1筆者も20年以上前に『成長の限界』を読み、幾何級数的な成長がもたらす問題の深刻さを認識し、我々はどうなことに配慮して日常生活を営むべきかを論じた[2]。これは現在でも状況はほとんど変わっておらず、2007年度ノーベル平和賞を受賞した前米副大統領アル・ゴア[3]が『不都合な真実』の中で、温暖化を防ぐために我々が同様に日常生活で実行すべきことを述べている。

本節では、入力出力が制限されたシステムにおいて幾何級数的な成長が続けば、時間の経過とともにシステムは破綻に陥ることを示し、持続可能な社会を構築するには、何をなすべきかを考察する。



幾何級数的な成長の意外な脅威は、人間が意識しないうちに、巨大に膨張し資源を食い尽し、成長に急激な破綻をもたらすことにある。図2は資源の量Sの初期値が1000とした場合、資源の一部を入力Xとしてシステムに供給し、最初は資源から1消費し、毎時間刻みごとに資源消費の量が20%ずつ増加してゆく過程を示したものである。出力は急激に増加するが、約30時間刻みで資源を食い尽し、出力Yは突然0となり、幾何級数的成長は破綻を迎える。現実の世界では資源が枯渇する前に価格が高騰し、消費を抑制し、急激な破綻は緩和されるであろう。このシミュレーションでは、3時間刻みで資源の80%がリサイクルされると現実よりも楽観的に仮定しているので破綻後にまた幾何級数的な成長が約80%の規模で繰り返す様子が見える。

即ち、X(i)を時間iにおける入力とすると、

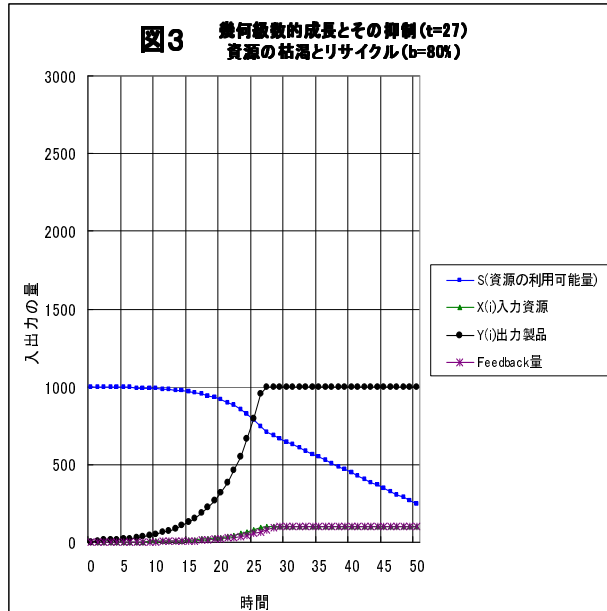
$$\begin{aligned} X(1) &= 1, \quad X(0) = 0, \quad i \geq 0 \\ X(i+1) &= (1+a) \times X(i), \quad a=0.2, \quad i=1,2,3,\dots \\ S(i+1) &= S(i) - X(i) + b \times X(i-3), \quad b=0.8 \\ Y(i) &= K \times X(i), \quad K=10 \end{aligned}$$

ここでX, Yはおおのシステムの入力と出力である。入力の量Xは入力のつど資源Sから減算される。各定数a, b, Kは適切な仮定値を使用した。

図3に示すように、時間刻み27の時点で成長を止めて入力を一定にすると、破綻までの時間を約2倍に延命することができ

る。その間に人類は代替策を考えることも可能である。

地球は有限である。現状では石油も多くの金属資源も 100 年以内に枯渇する[5]。欲望のままに成長を続けられれば、いつか破綻は訪れる。際限なく膨張するのではなく、ある時点で欲望を抑えることが必要である。それにより社会も人々の生活も持続可能となる。これは言うまでもない当たり前のことであるが、現実には実行できずに問題が生じている。



4. 世界をどう観るか

2008年9月15日のリーマン・ブラザーズの破綻を引き続く株暴落の世界連鎖を見ても思い出すのが、LTCM (Long Term Capital Management) というヘッジファンドである。また同じ失敗を繰り返していると思えない。LTCMは1994年に設立され、ブラック=ショールズの方程式で有名な金融工学の理論を創った経済学者2名が参画しているという評判で多額の投資資金を集めた。4年で投資資金は4倍に膨れたが、アジア通貨危機、ロシア財政危機の影響で、1998年一気に破産した。この間、1997年にはLTCMの経営に参画していたロバート・マートンとマイロン・ショールズには「金融派生商品（デリバティブ）価格決定の手法」の開発を理由にノーベル経済学賞が授与されている。しかしLTCMが破綻した後であつたらノーベル賞が授与されたか疑わしい。金融工学の理論も、現実とは異なる、理論上の限られた仮定の範囲内で構築されたもので、現実には起きることはその枠を超えている。欲望のままに利益の追求を膨張させてゆけば、最終的に破局をきたる。

2008年のリーマン・ブラザーズ破綻で代表されるアメリカの投資銀行の末路は、倫理観の欠如した人間の強欲が、グローバルイズムという聞こえの良いスローガンのもとに、サブプライムローンを含むリスクの高い詐欺まがいの債券を世界中にばら撒き、それが破綻した結果と言える。金融工学への過言と、情報技術の進歩によりマネーゲームが加速され、汗を流して地道に労働することを忘れた結果が、最悪の事態をもたらした。我々は、このアメリカの重大な失態を良い教訓として心にこども、汗を流して地道に努力して、価値あるものを創造してゆくことの大切さを心から学ぶべきである。

チュニジアのベンアリ政権、エジプトのムバラク政権など中東の長く続いた独裁政権が、サイバー世界の道具であるFacebookによって、崩壊し始めた。この背景には食糧の高騰が

あると言われている。無理なことを長期間にわたって継続するのは難しい。些細なきっかけで崩壊するものである。

不自然な状態は、長い時間長い年月を経ていつか自然な状態に戻る。あるいは**不安定な状態は些細なきっかけで安定な状態に戻る。**不正なこと、道理に反したこと、無理なこと、実力以上のこと、身のほど知らずの行為、欲の膨張、足ることを知らないこと、身の丈に合わない生活などは、いつか破綻し、本来あるべき自然な状態に戻る。

資源のない日本はかつて貧しい国であった。第1筆者自身も終戦直後、食糧もない、文房具もない、娯楽もない大変貧しい時代に育ってきたが、物質的には貧しくとも未来への夢があり、心は豊かであったように思う。日本は質の高い労働力により高品質の製品を製造・輸出して外貨を稼ぎ、我々庶民も豊かさを享受できるようになった。高度成長の末に、土地バブルが膨張し、日本は世界で最も豊かな国であると浮かれた。しかしそれは数年で崩壊した。その土地が本来持っている価値をはるかに超えた価格で取引がなされたが、そのような不自然な状況はいつまでも続くことはない。ある時点で欲望を抑えることが必要であった。

これからの日本は、労働力は減る一方で、いつか枯渇する原油や資源の高騰、円高などが妨がり、輸出に依存する日本には有利な材料は見当たらない。このような状況において情報産業は資源がなくとも、教育を受けた優秀な技術者の頭脳さえあれば人々の生活や業務に役立つシステムを構築し、便利で豊かな社会を築くことができる。月尾[5]は、情報通信技術（ICT: Information and Communication Technology）について、生活の利便性を向上させるにもかかわらず、資源やエネルギー消費を減少させるという、従来技術とは反対の特性を有する史上最初の技術であることを指摘し、これを社会に本格的に導入することこそ、温室効果ガス削減の当面の有効な手段であると述べている。

5. 川崎国際環境技術展概要

川崎国際環境技術展は、公害を克服した経験と蓄積した技術やノウハウを世界に発信するために開催される。専修大学情報科学研究所では、第1回から川崎国際環境技術展には出展してきた。

◆川崎市発表データ：



図4 阿部孝夫川崎市長の小間来場

出展： 118団体、219小間

来場者：2日間で約12,500人（16日：6,500人、17日：6,000人）前年より約2,000人増

◆小間来場者（敬称略、順不同）：

川崎市関係者：阿部孝夫川崎市長（図4）、小泉幸洋労働

局長、伊藤和良産業政策部長、渡辺幹雄工業振興課担当課長、川村真一産業政策企画課長、桜井亨主幹、酒井賢二、堀真知子、

専修大学関係者：田中稔、上平崇人、大曾根匡、楠裕行、望月宏、平尾光司、石田龍夫、宮崎葉子

他大学：小島昇教授（明治大学）

企業関係者：コナミスポーツ&ライフ、東京電力、宮川製作所、NSソリューションズ

報道関係：日刊工業新聞、神奈川新聞、YOU テレビ（地域ケーブルTV）、ニュース専修（専修大学広報課）

海外：ラオス人民民主主義共和国中日特命全権大使、マダガスカル大使館公使

一般来場者・小中学生：多数

◆**出展者（敬称略、順不同）**：

川崎市産官学連携の小間：木村康廣、嶋俊夫、伊藤直義、遠藤豪人、清水修、石坂得一、綿貫理明

専修大学情報科学研究所の小間：

綿貫理明、松本慶大、佐々木千鈴、小堀哲生、小林沙映利、横山瑛軌、平林和樹、菅野磨弓子、小泉友美、西嶋寿世、小澤光夏、野田尚吾（2011年度綿貫プロジェクト）川上竜太郎、鬼澤良平、高橋愛未、井出裕基、鈴木啓太、島崎貴大、畠山 一也、佐々木唯、立石雅俊、周佐彩子、山本有香、仲渡渉（2010年度上平プロジェクト）

◆**センターステージ講演**

センターステージ講演は毎年著名な講演者が招待され、大変勉強になる。今回は山根一真氏と森田正光氏が温暖化や気候変動に関する講演を行った。下記内容は第1筆者のメモによるもので、文責は第1筆者にある。

●**山根一真氏『新・炭素時代』への大仕事』（2月16日）**

過去に800回の講演を行ってきた。山根家では太陽光発電を行い、井戸水をくみ上げて、冷却にも使い、地下に戻すよう循環させている。その水により虹を発生させることができる。ナイアガラ滝の1分40秒の動画は可を意味するか。この水の量は、アメリカで1日に使うガソリンの量7億2670万リットルに等しい。地球を覆う空気は、地球の半径に比べると非常に薄い（半径約6356kmに対し大気圏は数100km）。飛行機は10km、スペースシャトルでも380km程度の高度。大気中のCO₂濃度は産業革命以前は、280ppm程度で一定であったが、現在400ppmに近づいている。

この冬の日本海側の大雪や、ハリケーンカトリーナによる災害は、海水温が上昇しているため。豊かな生活を求め、石油を大量に消費する文明が、CO₂の濃度を急激に増加させ、温暖化を招いている。昔は厚着をして寒さを防いだ。現代は薄着をして暖房を付けている。現在（2011年2月15日）、地球の人口は、70.87億人になっている。1970年4月16日には39.76億人であった。世界では、急激に人口が増加しており、それに伴いエネルギー消費も増え、結果としてCO₂も増える。そのため「環境を基軸とした新しい産業」を興し、持続可能な社会を形成し

なければならぬ。山根氏はこれを産業革命と名づけた。

●**森田正光氏「異常気象と環境問題～どうなる地球温暖化～」（2月17日）**

水分を含んだ空気が冷やされ雨を降らす。一般に、上昇気流のところは雨で、下降気流のところは晴れる。エル・ニーニョは太平洋赤道域東部の海水温が上昇する現象で、ラ・ニーニャは反対に、太平洋赤道域東部の海水温が低下する現象である。エル・ニーニョの年は、日本では冷夏暖冬で、ラ・ニーニャの年は、暑夏冷冬である。異常気象とは30年に1度しか起こらないような気象を意味する。しかし90年代から世界各地で異常気象が頻発している。近年異常気象は過去の平均の3倍に増えている。東京の平均気温は、現在15.9℃であるが、100年後には鹿児島並みの18.3℃になると予測される。これは4年に4.6km南へ移動しているのと同じことになる。人が4.6km移動するには約1時間で可能であるが、植物の場合、移動するのに数10年かかる。当然、農業にも大きな影響が及び、起きてしまっからでは取り返しがつかない。

イースター島は、かつて森林で覆われていたが、人口が7000人以上になるまで増えた。森林を伐採し、農地に変えて食料生産に努めたが間もなく食料の奪い合いで部族間抗争が絶えず、人々は滅び、モアイ像だけが残った。これを“イースター島の悲劇”と言う。現在、これと同じようなことが地球規模で始まっている。

6. 川崎国際環境技術展出展内容

我々のプロジェクトは、太陽電音株式会社から風力発電用の高性能発電機を無償でご提供いただき、有限会社伊藤工業が機構設計・試作を行った。この産官学連携の協力体制を図5に示した。

持続可能なエネルギー源として、太陽光、風力に加えて、無駄に捨てられている人力

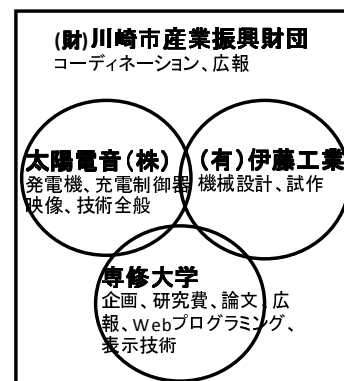


図5 川崎市産官学連携プロジェクト

エネルギーも有望な候補の一つである。太陽電音株式会社提供のTYG880風力発電用高性能発電機を自転車発電システムに使用し、若い力のある男子では、瞬間最大発電量は500Wにも上った。大学の体育館や街のスポーツジムではトレーニングのエネルギーが無駄に捨てられているが、それを回収し集めて蓄電し、施設の運営などに有効活用しようという試みである。

出展内容は下記のとおりである。

- ① 川崎市産官学連携（専修大学、太陽電音（株）、（有）伊藤工業、（財）川崎市産業振興財団）「風力、太陽光、人力エネルギーの統合による創エネの未来」
- ② 綿貫研究室「体育館を発電所」
- ③ 上平プロジェクト「Komel「食べる」を知ろう」

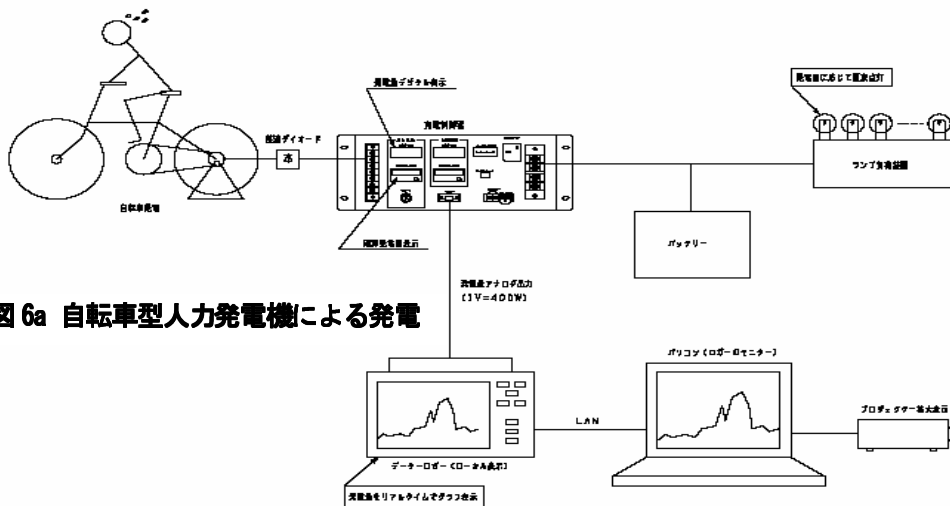
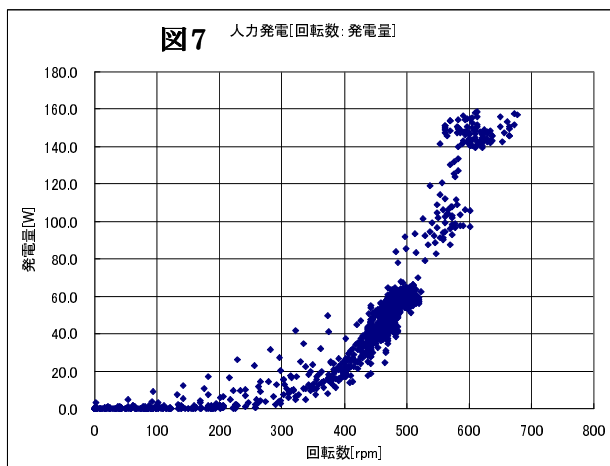


図 6a 自転車型人力発電機による発電



図 6b 自転車型人力発電機による発電（写真）

上記①の川崎市産官学連携の展示では、太陽電音（株）のシステムが展示された（図6）。このシステムは、自転車型人力発電機から得た電気エネルギーを、WINTEX-880A 充電制御器を通して、蓄電池に充電すると同時に、発電量に応じランプ表示を行う。また充電制御器の出力をデータロガーに供給し、発電量をオンラインで記録し、プロジェクターで壁面に表示した。このシステムにより、人力発電のエネルギーを定量的に測定表示することができた。この展示は来場者のうち専門家を対象としたものである。



開発段階で回転数と発電量の計測を行った。1個のプロットは200msである。図7に示すように、6段ギアのもっとも高いところを使い、回転数は最高約600rpmになり、発電量は150Wまで達した。150Wは200msの瞬間値で、1秒では750Wに相当する。回転数が600rpmに近づくとき、発電量は飽和する傾向にある。

このグラフから変動成分が少なく対数表示で直線的な250rpmから550rpmの範囲を使い、回帰分析を行った。発電量（200ms）は次式で示されることが分かった。ここでRは回転数[rpm]、Pは200msにおける発電量[W]とする。

$$P = (6.94E-10)$$

$$*R^{4.0541} [W]$$

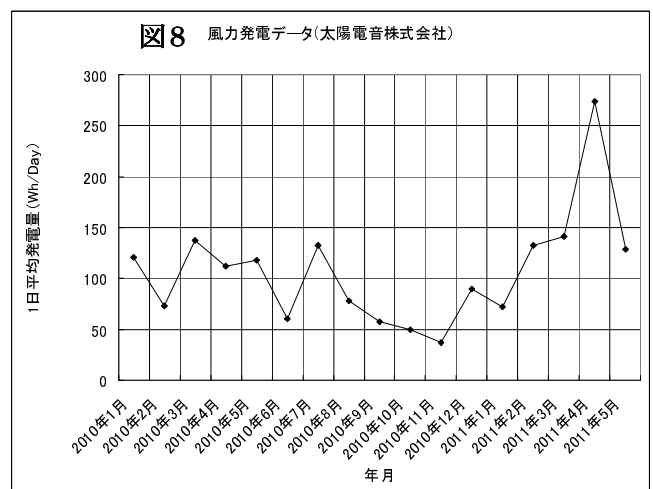
老若男女・小中学生も含む一般来場者の累積発電量は下記の通りで、

体育会の学生がより高い稼働率で漕ぐことにより発電量は増えると考えられる。

2月16日：107Wh

2月17日：116Wh

図8に太陽電音（株）の毎月の風力発電データ（1日の平均値[Wh/Day]）のグラフを示した。会場で得たデータは人力発電は風力と比較しても、大幅に低いとは言えない。今後も継続してデータを蓄積して、人力発電の可能性を検討して行かなくてはならない。



上記②の展示は、自転車型人力発電機の出力で100Wの白熱電球を2個点灯し、加えて出力電圧によりLEDの段階表示を行い、発電のエネルギーを定量的に“見える化”することができた。この展示は小中学生を含む一般の来場者に、人間の力により発電するエネルギーに興味を持ってもらうことが狙いである。この展示は、今まで無駄に捨てられていたエネルギーを回収して、有効に使うことを意図している。体育館やスポーツセンターの多数のトレーニング機器に、発電機を設置して、多くの人が力を合わせて発電し、スポーツ施設の電力の一部を賄うというビジネスモデルも提案した[6]。2011年2月16日と17日に開催された川崎国際環境技術展2011に出展し、大きな反響を呼んだ。川崎市の特別な配慮により、環境改善技術関連コーナーの太陽

電音株式会社の小間と産学官連携コーナーの専修大学の小間を近くに配置していただいた。また阿部孝夫川崎市長には大変ご多忙の中小間を訪れて、自転車型人力発電をご体験いただいた

(図4)。多数の川崎市民関係者のみならず、ラオス特命全権大使、マダガスカル大使館公使、コナミスポーツ&ライフ、東京電力、新日鉄ソリューションズなどを含む多くの企業の方々、一般市民、小中学生に体験していただいた。報道関係では、日刊工業新聞、神奈川新聞、地域のケーブルTV、YOUテレビの取材を受けた。日刊工業新聞には、2月21日17面に人力発電プロジェクトの技術的な概要が掲載された。YOUテレビの番組では、東京電力のメガソーラー、三菱自動車のEVと並んで専修大学情報科学研究所の人力発電システムが紹介された。鶴見区、神奈川区、港北区、川崎区、幸区の21万世帯で番組として配信された。



上記②の展示では表示装置として発生した電圧に応じて段階的に“エネルギー”という文字が現れる表示装置を開発した。10V程度で点灯する電圧の低い文字は寒色系の青色または緑色LEDで表示し、60V程度の電圧の高い表示は赤あるいは黄色の暖色系のLEDを使用した。ツェナーダイオード(ZD: Zener Diode)を使って電流の流れる電圧の閾値を決め、LED用の電流の大きさを一定値(約18mA)に設定するため定電流ダイオード(CRD: Current Regulative Diode)を使用する。この表示の設計は図9から、配置や耐圧を決定した。

LED表示(例)		LED [個]	グループ化	備考(色)	電圧[V]				
2x5K/3=333Ω1.5W*1000V1A Diode直					ZD	LED	CRD	R	sum
		12	(4+)+8	R+Y(55V以上) +1G	45	26	25	13	109
		15	(3+)(8+)(4)	R+Y(50V)	40	26	25	15	106
		18	(6+)(7+)(5)	Y+R+G(40V)	30	23	50	12	115
		15	7+7(+1)	Y+G(30V)	20	23	50	18	111
		21	7+7+7	B+G(20V)	10	23	75	12	120
		6	6	B(約10Vで点灯)	0	20	75	20	115
		87			ZD	LED	CRD	R	sum

図9 LED表示装置の設計

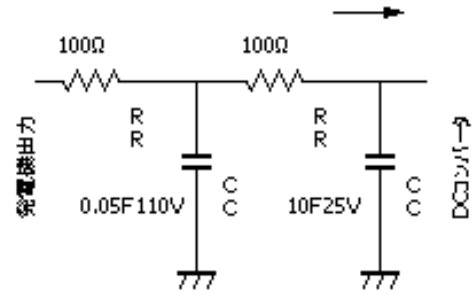


図10 LED電気2重層キャパシタ等価回路図

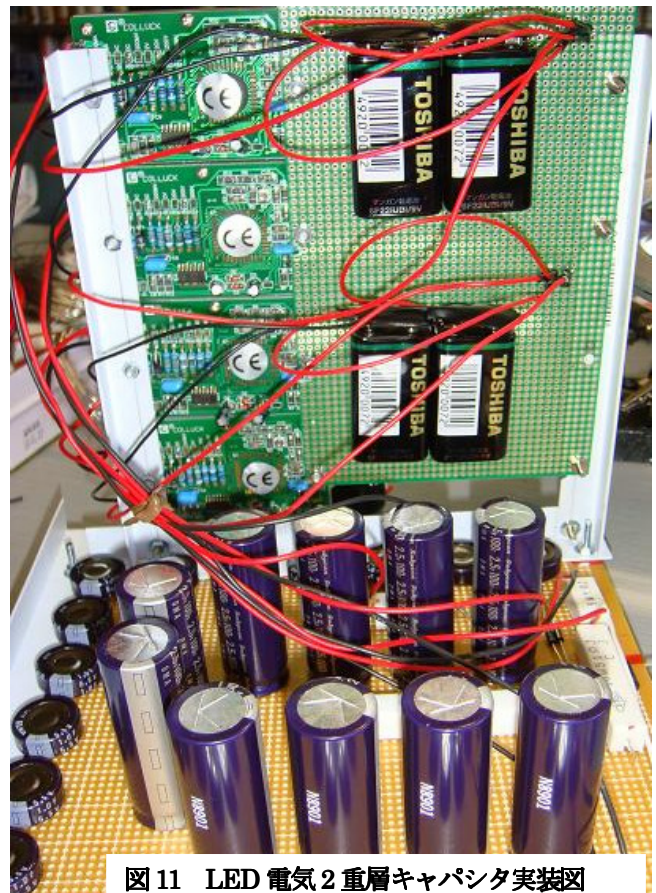


図11 LED電気2重層キャパシタ実装図

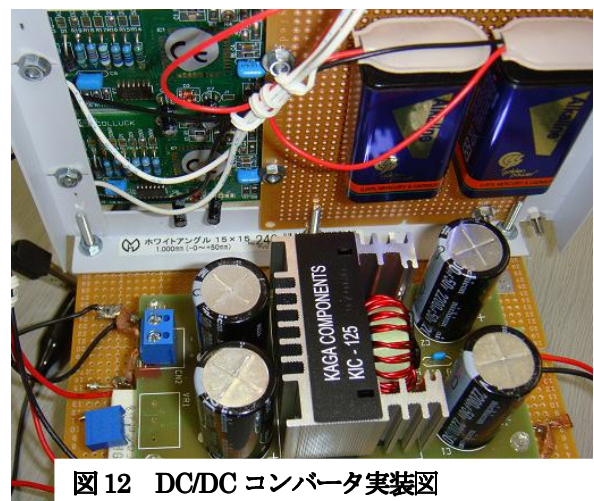


図12 DC/DCコンバータ実装図

第1筆者は、電気2重層キャパシタ[10]を使用した簡単な回路を作り、発電されたエネルギーの一部を電気2重層キャパシタに蓄電することを試みた(図9~11)。初段の0.05F(耐圧110V)のキャパシタで平滑化を行い、10F(耐圧25V)に蓄電をして、これをDC/DCコンバータを通して蓄電池に充電する。DC/DCコンバータには、安価で入手できるKIC-125を使用した。蓄電用の電気2重層キャパシタは10Fであるので、20Vまで充電すると下記公式から0.56Whのエネルギーとなる。

$$P=(1/2)CV^2$$

電球200Wの負荷に加えて、電気2重層キャパシタへの蓄電実験を、男性被験者2名で行った。20歳の被験者(図13a)は9分程度で10Fのキャパシタに蓄電池充電に必要なとする電圧17Vまで蓄電することができたが、63歳の被験者(図13b)は休みながら漕いで約13分で17Vまで蓄電できた。

図13a 電気2重層キャパシタ充電特性(2011年1月25日)
被験者:20歳男子

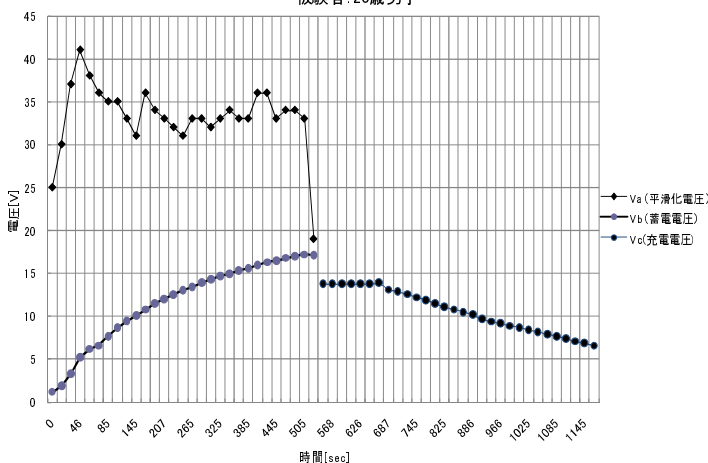
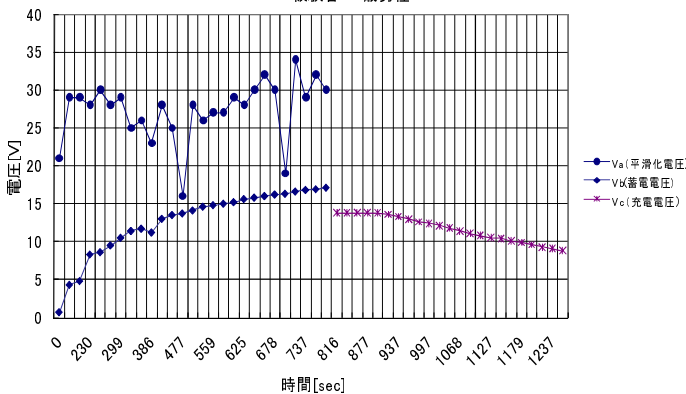


図13b 電気2重層キャパシタ充電過程(2011年1月24日)
被験者:63歳男性



7. おわりに

専修大学では「社会知性の開発」という理念のもとに、教育・研究を行ってきた。大学の講義を基にした形式知

の伝達と、社会と連携して実践による暗黙知の形成によりこの理念は達成できる。そのため情報科学研究所では、産官学連携による成果を第1回川崎国際環境技術展より継続して出展している。今回は、学長室企画課、情報科学研究所、管理課などが積極的に協力し、専修大学の総力を挙げて出展を行った。教員、管理課職員は、2日間常駐し、学生は交代で小間に立った。学長室企画課では、発電機を運搬するために自動車を出して支援した。また幟を設置し、会場における専修大学の存在感を高めることができた。将来の受験生候補である多数の小中学生が本学展示小間に集まり、実際に発電を体験していった(図14)。従来から指摘された点は、今回すべて解消された。



図14a 来場者風景(小学生)



図14b 来場者風景(中学生)

今回の出展は、川崎市、太陽電音株式会社、有限会社伊藤工業からの多大なるご協力とご支援により実現したものである。環境問題は地球規模の最重要課題であり、専修大学としても将来的に継続して展示参加できるような体制を構築すべきである。そのためには、川崎市そして地域との連携を進めてゆく必要がある。2011年3月11日の東日本大震災を契機として、厳しい節電が実施されている。その結果、社会では電力回生やエネルギー・ハーベスティングなどの技術が一層注目を浴びている。本学でも本学特有の長所を活かして、社会の趨勢に沿った行動をとって行かねば

ならない。本学において電気エネルギー関連の研究を行うには、行政や地域の企業の協力や支援が不可欠である。

川崎国際環境技術展終了後も、自転車型人力発電の産官学連携プロジェクトは、社会の注目を浴び、5月24日テレビ朝日「スーパーJチャンネル」、7月14日フジテレビ「めざましテレビ」、7月21日読売新聞夕刊2面などでも報道された。

今後の予定として、下記のように発電量の測定と蓄電実験を継続してゆく。

①無線による発電量のオンライン測定

(Arduino、XBee など組込ボードの利用)

② 電気2重層キャパシタと小型蓄電池への充電

③ 太陽光、風力、人力などの発電量の比較

④ 複数の発電機の体育館への設置と実験

⑤ LEMS (Laboratory Energy Management System) の整備 (図15)

⑥ HEMS (Home Energy Management System) への応用

社会ではスマートグリッド、スマートシティ、スマートコミュニティ、スマートビルディング、スマートハウスの建設が進められている。本学でも既に構築済みのBEMS (Building and Energy Management System) による省エネに加えて、将来的には人力、自然エネルギーを統合し、川崎発の“スマートユニバーシティ”を目指してゆかねばならない。

本学は文武両道を標榜するが、特にスポーツには力を入れており、数々の実績を挙げている。これは外部に対しアピールすべき本学の優れた特徴のひとつである。スポーツで発生するエネルギーを無駄にせず、今後は回収し有効に利用することを考えてゆくことが必要である。産官学連携の活動を通して“スポーツの専修大学”、“エコの専修大学”、“創エネの専修大学”を社会に向けてアピールし、地域の企業と共栄することが期待される。そして、川崎市、地域の企業と連携し、優れた人材を育成し社会へ供給してゆかねばならない。

参考文献

- [1] ドネラ. H. メドウズ、デニス. L. メドウズ、J. ランダース、W. W. ベアランズⅢ他 (大来佐武郎監訳)、『成長の限界—ローマ・クラブ「人類の危機」レポート—』、ダイヤモンド社、1972年；
ドネラ. H. メドウズ、デニス. L. メドウズ、J. ランダース (茅陽一監訳、松崎隆治、村井昌子訳)、『限界を超えて—生きるための選択—』、ダイヤモンド社、1992年；
ドネラ. H. メドウズ、デニス. L. メドウズ、J. ランダース (枝廣幸子訳)、『成長の限界—人類の選択—』、ダイヤモンド社、2005年
- [2] 綿貫理明、『迫り来る人類の危機のために—地球温暖化にどう対処すべきか—』、心霊研究、pp. 39-46、1989年6月

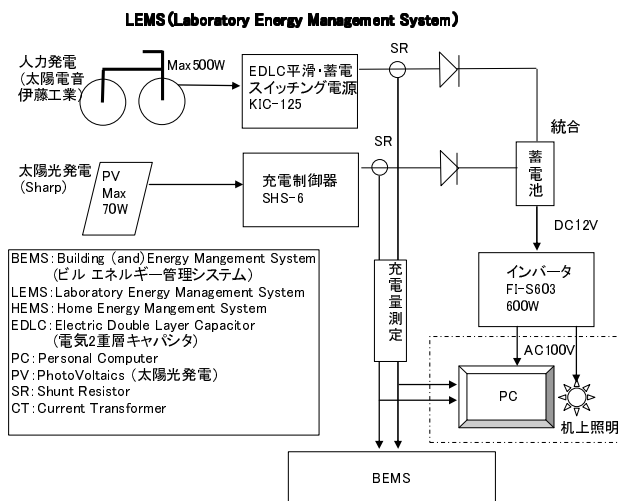


図15 LEMS(Laboratory Energy Management System)

- [3] アル・ゴア (主演)、デイビス・グッゲンハイム (監督)、『不都合な真実』(DVD)、パラマウントホームエンターテインメント・ジャパン、2006年
- [4] 綿貫理明、『第3章 コンピュータの誕生からネットワーク社会へ』、『コンピュータ概論—情報システム入門—【第5版】』(魚田勝臣編著)、共立出版、pp. 41-68、2010
- [5] 月尾嘉男、『総論—環境問題へ挑戦する情報通信技術—』、電子情報通信学会誌 (特集: 環境を守る)、Vol. 90, No. 11、pp. 930-935、2007年11月
- [6] 青木豊、綿貫理明、楠裕行、『人力発電ビジネス EPS(Eco Power Service)の挑戦—専修大学ベンチャービジネスプランコンテストに入賞して—』、専修ネットワーク&インフォメーション、No.14、pp.25-32、January、2009
- [7] 佐伯啓思、『もはや成長という幻想を捨てよう』、中央公論、pp. 106-119、2008年12月
- [8] 平川克美、『経済成長という病—退化に生きる、我ら—』、講談社現代新書、2009年4月
- [9] 久保大次郎、『マイクロ風力発電機的设计と製作』、CQ出版社、2007年
- [10] 岡村 迪夫、『電気二重層キャパシタと蓄電システム』、日刊工業新聞社、1999年；
木下 繁則、岡村 迪夫、『電気二重層キャパシタ(EDLC)の特性と上手な使い方』、日刊工業新聞社、2010年
- [11] 小菅拓真、戸口裕人、綿貫理明、『無線センサネットワークによる環境情報可視化の提案』、専修大学情報科学研究所周報、No.74、pp.14-22、August、2010
- [12] 綿貫理明、『専修大学情報科学研究所 2.0—Web2.0時代の情報科学研究所—』、専修大学情報科学研究所所報、No.67、pp.42-46、March、2007
- [13] 綿貫理明、『専修大学の情報教育と産学連携の取り組み』、新産業政策研究かわさき (新産業政策研究所研究年報)、No.6、pp.102-114、March、2008
- [14] 志賀直幸、青木豊、竹口正修、柳澤剣、小室匡史、綿貫理明、吉野昭郎、田中洋史、大西寿郎、『地球温暖化に関する意識調査とその集計処理システム—産学連携によるシステム開発—』、専修ネットワーク&インフォメーション、No.13、pp.13-23、March、2008
- [15] 深井雄大、高塩真広、柳澤剣、小室匡史、綿貫理明、大西寿郎、『ビッグバンから未来にいたる“地球温暖化”』

物語の創作—Maya8.5 を利用した 3D グラフィックコンテンツの制作—」、専修ネットワーク&インフォメーション、No.13、 pp.41-47、March、2008

[16] 柳澤剣、小室匡史、綿貫理明、大西寿郎、「集合知を利用した環境情報システム—地図情報と環境情報のマッシュアップ—」、情報処理学会研究報告(第 103 回 情報システムと社会環境研究発表会)、2008-IS-103(11)、pp.71-78、March、2008

[17] 小室匡史、柳澤剣、綿貫理明、大西寿郎、「ユビキタス・センサネットワークによる環境情報視覚化の提案」、情報処理学会研究報告(第 103 回 情報システムと社会環境研究発表会)、2008-IS-103(2)、pp.9-16、March、2008;

[18] 小室匡史、柳澤剣、綿貫理明、「ユビキタス・センサネットワークと CGM サイトによる環境情報共有システム」、情報処理学会研究報告(第 107 回 情報システムと社会環境研究発表会)、2009-IS-107(12)、pp.85-92、March、2009

[19] 小室匡史、綿貫理明、大西寿郎、「産官学連携による地球温暖化対策プロジェクト・卒業研究の成果公開—第 21 回先端技術見本市テクノトランスファー in かわさき 2008 出展報告—」、専修ネットワーク&インフォメーション、No.14、 pp.43-55、January、2009

[20] 小室匡史、柳澤剣、松永賢次、綿貫理明、「Web 地図インタフェースを活用した CGM サイト構築と集合知の社会応用」、情報処理学会第 71 回全国大会、3ZA-6、4-511~512、2009 年 3 月

[21] 小室匡史、柳澤剣、綿貫理明、「ユビキタス・センサネットワークによる環境情報視覚化の提案」、情報処理学会第 71 回全国大会、1U-8、3-91~92、2009 年 3 月

[22] 綿貫理明、戸口裕人、小菅拓真、「Web2.0 技術による環境情報の可視化と産官学連携による成果公開」、専修大学情報科学研究所所報、No.72、pp.17-25、December、2009

[23] 戸口裕人、小菅拓真、綿貫理明、「無線センサネットワークによる環境情報可視化の提案」、情報処理学会 50 周年記念(第 72 回)全国大会、4ZB-8、2010 年 3 月

[24] 堀越永幸、玉井達也、綿貫理明、「モバイル GPS とマッシュアップ技術によるリアルタイム環境意見投稿システム」、情報処理学会 50 周年記念(第 72 回)全国大会、6ZM-6、2010 年 3 月

[25] 小菅拓真、坂本勝己、若月惣太、綿貫理明、「自然な

複合現実の実現に向けた環境教育絵本—第 1 回川崎国際環境技術展 2009 への出展—」、専修ネットワーク&インフォメーション、No.16、 pp.19-24、January、2010

[26] 綿貫理明、大曾根匡、「川崎国際環境技術展 2010 出展報告—「社会知性の開発」と産官学連携による教育・研究の成果公開—」、専修大学情報科学研究所所報、No.74、pp.9-13、August、2010

[27] (財)川崎市産業振興財団、『連携事例集』、pp.6-7、2011 年、3 月

謝辞

第 1 筆者は、2010 年度情報科学研究所に所属し、「精神世界、物理的現実世界、サイバー世界の融合としてのユビキタス社会—情報技術史における環境問題の位置づけ—」と題する国内研究を行った。大学から貴重な研究期間と研究費を与えられ、また情報科学研究所に所属することにより自由な研究環境と支援を得ることができた。(財)川崎市産業振興財団、太陽電音(株)、(有)伊藤工業の協力を得て、以前から構想していた人力発電のプロジェクトを立ち上げ、所期の成果を上げたので本稿に記載した。

自転車型人力発電機の製作は、第 1 筆者の平成 22 年度専修大学国内研究助成により実施された。専修大学情報科学研究所から、出展に関わる人件費と部品など消耗品購入の助成を受けた。機器の試作には、太陽電音(株)から高性能風力用発電機 TYG880 のご提供をいただいた。今回の出展に際し、阿部孝夫川崎市長をはじめとする川崎市関係者の方々、特に川崎市労働局長の小泉幸洋氏には格別なるご配慮をいただいた。また(財)川崎市産業振興財団の桜井亨氏、酒井賢二氏、堀満千子氏のご指導とご支援を受けた。専修大学常務理事松木健一氏、専修大学情報科学研究所所長大曾根匡教授の援助を受けた。機器の設置・搬入・搬出には学長室企画課課長の中山力氏に大変お世話になった。蓄電実験に関しては、小堀哲生君の協力を得た。機械設計・製作に関しては、川崎市からの紹介により(有)伊藤工業に委託し、伊藤直義氏、遠藤豪人氏から有益な示唆を受けた。展示パネルはフリーのデザイナー清水修氏のご協力を得た。以上のご協力ご支援に対し感謝いたします。

東日本大震災に被災された方々に心よりお見舞い申し上げます。また亡くなられた方々のご冥福をお祈りいたします。自然エネルギーの普及と相俟って、一日も早い復旧をお祈り申し上げます。